

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00806454.7

[43]公开日 2002年5月1日

[11]公开号 CN 1347575A

[22]申请日 2000.4.10 [21]申请号 00806454.7

[30]优先权

[32]1999.4.21 [33]IT [31]MI99A000829

[86]国际申请 PCT/EP00/03171 2000.4.10

[87]国际公布 WO00/63992 英 2000.10.26

[85]进入国家阶段日期 2001.10.19

[71]申请人 纽韦拉燃料电池欧洲有限责任公司

地址 意大利米兰

[72]发明人 玛斯莫·布拉姆比拉

加布里勒·马祖奇利

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事
务所

代理人 李德山

权利要求书2页 说明书12页 附图页数10页

[54]发明名称 带有基于直接注入液态水的冷却系统的
燃料电池

[57]摘要

本发明涉及一种高分子膜燃料电池堆,其中由产生电能而生成的热量 的排除和湿润用作电解质的离子交换膜,是由将从单一液动循环管路来 的水流直接注入而得到的。这样所产生的堆更紧凑、不那么昂贵而且更易于操作。

ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种被供以气态反应剂的高分子膜燃料电池堆，其中所述将阳极空间和阴极空间隔开的隔膜，包括双极平板，任选地备有用于馈送和排放流体的通道的密封垫片，有孔隙的电极，置于隔膜和电极之间的催化剂层，用于馈送反应剂流的导管，用于排放反应剂中未转化部分、惰性物部分和所产生的水份的导管，以及至少一个注入点，它连接到液动循环管路以便将水流注入到电池的至少一个空间的内部，其特征在於所述水流同时用来使该膜湿润和移走所产生的热。

2.如权利要求 1 的燃料电池堆，其特征在於电池的至少一个被供以反应剂和来自注入点的水的空间包括一导电和导热的网状元件插在电极和双极平板之间，它将所述水流散布以通过由气态反应剂所占据的整个体积。

3.如权利要求 2 的燃料电池堆，其特征在於水的注入点位于所述至少一个空间的外面。

4.如权利要求 3 的燃料电池堆，其特征在於所述水的注入点位于用来馈送反应剂流的导管的入口处。

5.如权利要求 4 的燃料电池堆，其特征在於所述用于馈送反应剂流的导管是下部的导管。

6.如权利要求 5 的燃料电池堆，其特征在於所述燃料电池堆是相对于它的主轴旋转的，而且所述导管在最下面的位置。

7.如前述各权利要求的燃料电池堆，其特征在於该电池的仅仅一个空间要被供以水。

8.如权利要求 7 的燃料电池堆，其特征在於所述仅仅一个被供以水的空间是阴极空间。

9.如权利要求 3 的燃料电池堆，其特征在於所述水注入点位于在垫片中形成的通道中，在用来馈送反应剂流的导管的下游。

10.如权利要求 2 的燃料电池堆，其特征在於上述的水注入点位于电池的內部。

11.如权利要求 9 的燃料电池堆, 其特征在于水注入的取向基本上平行于反应剂流的方向。

12.如权利要求 9 的燃料电池堆, 其特征在于水注入的取向基本上垂直于反应剂流的方向。

13.如权利要求 2 的燃料电池堆, 其特征在于所述网状元件是可以由冷压而变形的。

14.如权利要求 13 的燃料电池堆, 其特征在于上述的可由冷压而变形的网状元件是一种海绵状金属。

15.如权利要求 14 的燃料电池堆, 其特征在于所述海绵状金属含有镍。

16.如权利要求 13 的燃料电池堆, 其特征在于所述网状元件包括至少一个用于散布水的下陷。

17.如权利要求 16 的燃料电池堆, 其特征在于所述至少一个下陷是由冷压得到的。

18.如权利要求 16 的燃料电池堆, 其特征在于所述至少一个下陷的取向基本上平行于反应剂流的方向。

19.如权利要求 18 的燃料电池堆, 其特征在于所述下陷具有盘旋的形状。

20.如权利要求 16 的燃料电池堆, 其特征在于所述至少一个下陷的取向基本上垂直于反应剂流的方向。

21.如权利要求 20 的燃料电池堆, 其特征在于所述下陷是按照偏移的双梳形几何形状配置的。

说明书

带有基于直接注入液态水 的冷却系统的燃料电池

本发明涉及一种燃料电池，更准确地说，涉及一种使用高分子膜作为电解质的燃料电池。

燃料电池是直流形式的电能电学化学发生器；换句话说，它们在燃料没有完全降解为热能的情况下将燃料（例如含氢的气体混合物、或像甲醇或乙醇这类轻质酒精）与氧化剂（例如空气或氧）反应的自由能转化，因此它不受 Carnot 循环的限制。为了实现所需的将化学能转换成电能，燃料在电池的阳极被氧化并同时释放出电子和 H^+ 离子，而氧化剂则在阴极处被还原，并消耗掉 H^+ 离子；该发生器的两极必须用合适的电解质分隔开，以允许 H^+ 离子连续地由阳极流向阴极，同时阻止电子从一个极转移到另一极，从而使两个电极之间的电位差达到最大。这个电位差事实上代表着过程本身的驱动力。燃料电池被认为是传统的电力生产系统的优异的替代者，特别是从它们极其良好的对环境的影响这一观点来看（没有污染性排放和噪声，唯一的副产品是形成水），它们既可用于不同规模的静止发电领域（电力站、备用电能发生器等），也可用在移动应用的领域（电动车应用、汽车能量的产生或用于空间、潜艇及海军应用的辅助电源）。

和别的燃料电池相比，高分子膜燃料电池提供更多的优点，这是因为它们具有快速的启动和迅速达到最佳工作条件，高的功率密度，与没有运动部件和不存在腐蚀现象及剧裂的热工循环相联系的内在的可靠性等优点；事实上，在所有的已有技术的燃料电池中，聚合物电解质燃料电池表现出总体上最低的工作温度（通常为 $70-100^{\circ}\text{C}$ ）。

为此目的而用的聚合物电解质是一种离子交换膜，更准确说是一种阳离子交换膜，它是一种化学上惰性的聚合物，部分地按集群而起作用，这些集群能够进行酸碱水解而导致电荷的分离；所述水解更准确地说包

含释放正离子（阳离子）和在构成膜的聚合物上形成固定的负电荷。在膜的表面上施加多孔的电极，该表面允许反应剂流过而到达膜的界面。催化剂加到上述的电极和/或膜一侧的界面上，该催化剂例如是铂黑，它有利于相应的燃料氧化或氧化剂还原的半反应。这种安排也用于当膜的两具表面之间建立起电位梯度和外电路同时闭合时提供阳离子连续流动；在这种情况下转移的阳离子是 H^+ 离子，如前所述，在阳极上馈送带有较低电化学电位以及在阴极上馈送带有较高电化学电位的物质而产生的电位差，一旦外电路闭合时，将立即在跨越外电路的电子流（即电流）中引起质子传导。

质子传导是燃料电池运行的一个主要条件，也是评估它的效率的决定性参数之一。一旦利用所产生的电力输出的外部电阻负载上的电路闭合时，不充分的质子传导将导致电池两极上的电位差（电池电压降）明显下降。这又转而使对热能反应的能量更加退化并由此引起燃料转换效率的下降。

在市场上可以得到若干阳离子交换膜，它们能提供优化的质子传导特性，并且已广泛用于工业化的燃料电池上，例如那些在商标名称下商品化的 Nafion® 是美国 Dupont de Nemour 的产品，Gore Select® 是美国 Gore 的产品，Aciplex® 是日本 Asahi 化学公司的产品等。所有这些膜都因它们的工作机理所带来的内在处理限制而具有负面影响：由于水解的机理而使电荷分离以使质子传导成为可能，这类膜只有在存在液态水时才能发挥它们的导电性。虽然水的形成是燃料电池工作的一个固有的后果，但它形成的程度几乎总是不足以导致维持膜的正确的水合状态，尤其是工作在足够高的电流密度的情况下。

工作在高电流密度下实际上涉及到在给定的功率输出下投资成本的减少，但是也涉及能量效率的降低和在产生更高的热量。工作在实际应用的电流密度下（例如在 150 到 1500 mA/cm² 之间）的燃料电池中所产生的大量的热必须能有效地排出以允许该系统的热力调整，这不仅出于离子交换膜的有限的热稳定性的观点，它通常不适合于工作在 100℃ 以上，而且也是为了尽可能减少所产生的水份的蒸发以及随后的因惰性成份和

未转换的反应物的流动而使水从电池中逸出。此外，由于在一单体燃料电池的电极上的电压太小而难以供实际使用，故所述电池通常以双板连接的方式在电气上串连并按压滤器配置组合起来以并联方式馈送反应剂，如美国专利第 3,012,086 所说明的。在这样一种通常称之为“堆”的燃料电池组的装置中，排放热量的问题相对于单体电池的情况而言是被强化了，因为后者可以利用通过外壁的热对流。由于这一原因，已有技术的燃料电池的所有设计都提供合适的液动循环管路以便通过与循环流体的热交换而移走热量；这种流体可以馈送到在双极平板中形成的蛇形管内或者馈送到与其有电气连接的嵌在单体电池之间的适当部位的蛇形管中；这两种方案都增加了堆构造的复杂性，增加了重量和体积，从而降低了功率密度，而这个参数是高度希望其能达到最大化的，尤其是在移动应用的情况下。

在这方面比较不那么繁重的解决方法是在 PCT 专利申请 WO 98/28809 号中所说明的，其中的冷却流体是在邻近于电池的活性表面的双极平板的外围部分中循环的；但是，在这种情况下会得到一个横向的温度分布，膜的中心区工作在比外围区更高的温度下，从而造成了一个温度梯度，而这对膜本身的整体性是潜在地非常危险的。

最后，即使为使系统温度设定在 100℃ 以下而需要排放的热量尽管相当迫切，但仍然是可以在可以达到的范围之内，但是，从燃料电池堆中同时排出的水对于为了使膜本身维持足够的水解水平而产生的水来说仍然是太高了；因此，已有技术的堆的设计除了冷却系统之外又引入了第二套辅助系统，它用来向该电能发生器内注入所需的额外数量的水。这个回路通常用来在燃料电池的阳极和阴极空间的入口处提供预先润湿反应剂，例如使水中形成气泡或通过辅助电池中合适的膜使水蒸汽扩散。而且这个第二回路同样也涉及重量、体积和投资成本的明显增加；此外，要馈送到系统中水的数量必须严格控制，因为在电池空间中过多的液体将导致严重的后果，即阻塞气态反应剂对电极表面的接触。对由上述系统所提供的水量实现校正的唯一可能，虽然不是直接的，是对水本身温度的作用因而也就是它的蒸汽压。这转而又带来对燃料电池堆中湿润系

统恒温的需要，更使结构设计复杂化。

为保持对反应剂流的适当的水量供应的一个更加有利的方案公开于欧洲专利公开 NO.316626 中，其中说明了通过向其中注入雾化的水来湿润所述反应剂流，例如利用一个超声气溶发生器。这个方案部分地解决了需要由繁复的辅助热交换回路来冷却电池堆，因为送到其中的一部分水在电池内部被汽化，从而带走了相当量的热。但是，这个系统由于由与气溶发生器相关联的构造复杂性所代表的基本缺点而受到负面影响，这种发生器除了昂贵以外，还消耗相当一部分由燃料电池产生的电输出。

此外，水在电池中的持续时间太短不足以保证同时对膜保持湿润和冷却电池堆而不重新进入辅助回路，尤其是在高电流密度和堆是由大量电池构成的情况下。

另外，在将所述反应剂送进输入管道之前使反应湿润或加入雾化水可能会引起在其中水的凝结或形成水滴，其后果是对堆中的某些电池（一般是靠近反应剂入口处的电池）送进过量的水而对另外一些电池（一般是远离入口处的电池）则送入水量不足。

本发明是一种燃料电池堆，包括置于双极平板和电极表面之间的成网状的导电和导热的材料，例如在美国专利 5,482,792 号中所说明的，其中反应剂的湿润和热力控制是通过一个单回路直接注入适当的水流而得到的，这引起水份利用网状材料的大面积表面和它的导热性而在其内部被部分蒸发，这允许从电极上有效地抽取热量。

在本发明的一个实施例中，在气体流中水的注入点位于反应剂输入导管的下游。

在另一个实施例中，所述注入点对应于网状材料的周围定位在实际上与被供以反应剂的区域相隔开的区域里。

在另一实施例中，水被对应于网状材料内部所形成的下陷(depression)而注入。

在另一实施例中，水被对应于在网状材料内部提供的并沿着它的整个表面布置的盘旋状下陷处而注入。

在另一实施例中，水被对应于在网状材料内部提供的偏置的双梳状

下陷而注入。

本发明现将参照下列附图进行说明，其中：

图 1 表示本发明的膜式燃料电池堆的总体方案，它按压滤器配置进行组装。

图 2A 表示已有技术的膜式燃料电池堆的总体方案，它按压滤器配置进行组装；图 2B 表示已有技术的双极平板。

图 3、4、5 和 6 表示燃料电池用的各种类型的密封垫片。

图 7、8、9 和 10 表示用于分配流体的各种类型的网状元件和在燃料电池堆内部的双极平板和电极之间的连接。

参见图 1，代表着压滤器配置的模块组件中的重复单元的每个单元电池 (1)，包括，按由内向外的顺序的离子交换膜 (2)，一对多孔电极 (3)，在膜 (2) 和每个电极 (3) 之间的界面 5 上形成的一对催化层 (4)，一对导电的网状元件 (5)，一对用于周围密封的垫片 (6)，一对双极平板 (7)，它们限定了单元电池 (1) 的界限。网状元件 (5) 的最低孔隙率为 50%，并起着如下的作用：在电气上把双极平板 (7) 连接到电极 (3) 上，并将气态反应剂和湿润用水散布，细微地将后者细分以通过网状元件 (5) 的整个厚度，从而有利于在由双极板 (7) 和电极 (3) 限定的腔室的整个体积中的蒸发作用。在使上述部件并置后，由双极平板 (7) 和垫片 (6) 的周围地区上的适宜小孔形成两个上部的导管 (8)，在图中仅示出了其中之一，它们可以用来馈送反应剂，还形成两个下部导管 (9)，它们可以用来排放所产生的水、气态惰性物质和反应剂中未转换的部分，图中也只显示了其中之一。换一种方式，下部导管 (9) 可以用作馈送通道而上部导管 (8) 作为排放通道。也可能将两种反应剂中的一种利用相应的下部导管 (9) 作为出口通过上部导管 (8) 之一馈送，而使用对应的上部管道 (8) 作为出口通过另外的下部管道 (9) 馈送另一种反应剂。

按压滤器配置的单元电池 (1) 组合的外部有两块端板 (10) 其中之一装有装配件以便与导管 (8) 和 (9) 作液力连接，在图中未示出，两块端板都备有用于连结棒的合适的孔，这种棒用于夹紧整个堆，它们也设有在图中示出。参照图 2A 和 2B，构成压滤器配置的模块组件的重复

单元的每个单元电池(1'), 包括按由内向外的顺序的离子交换膜(2'), 一对多孔电极(3'), 在膜(2')和每个电极(3')之间的界面上形成的一对催化剂层(4'), 一对用于液力密封的平面密封垫片(6'), 一对双极平板(7'), 它们限定了单元电池(1')的界限。双极平板(7')具有带肋的外形(11), 它的凸起部分保证了在整个堆中的电的连续性, 而下陷的部分允许气和水的循环。在使上述部件并置后, 由双极平板(7')的外围地区上的合适的小孔形成两个上部导管(8'), 图中只显示了其中之一, 它可用于馈送反应剂, 并形成两个下部导管(9'), 它们可以用来排放所产生的水、气态的惰性物和反应剂的未转化部分, 图中只显示了其中之一。在这种情况下, 上部和下部导管的作用也是可能颠倒的。

按压滤器配置的单元电池(1')组合件的外部有两块端板(10'), 其中之一备有装配件以便对导管(8')和(9')进行液力连接, 在图中没有示出, 两块端板都具有供连结棒用的合适的孔, 这些棒夹紧整个堆, 它们没有在图中示出。

参照图 3、4、5 和 6, 这里表示了密封垫片(6)的几种实施例, 该垫片包括一个上部孔(12), 它通过按压滤器配置并置而形成上部导管(8), 还包括下部孔(13), 它通过按压滤器配置并置而形成下部导管(9), 还包括供网状元件(5)用的外壳(14)以及任选的一个或多个用于注入水的通道(15)。

参照图 7A, 它表示网状元件(5)的一个实施例, 它由具有偏菱形网眼的整平延展的片构成; 在图 7B 中表示具有方形网眼的平面细网。

参照图 8、9 和 10, 这里表示网状元件(5)的某些实施例, 它们由可变形的金属材料例如海绵状金属制成; 在图 9 和 10 的实施例中, 下陷区(16)用作为注水的优选的通道, 它们是用例如冷压法在所述金属材料内部形成的。

例 1

两个燃料电池堆、一个由 15 个另一个由 30 个单元电池(1)构成, 按照图 1 的方案制成, 并装备有下列部件:

—Nafion®115 离子交换膜, 由 Dupont de Nemours 形成商品。

—由 E-Tek 公司商品化的电极 (3), 其商标为 ELAT®, 由催化剂层 (4) 激活, 催化剂层由支持在活性碳上的铂微粒构成, 其有效面积为 200cm^2 。

—由海绵状镍制成的网状元件 (5), 如图 8 所示, 它具有 1 到 3mm 之间的微孔。

—按照图 3 方案的密封垫片 (6)

—由 2mm 厚的不锈钢片制成的双极平板 (7)。

—铝的端板 (10), 电连接到外端电池的双极平板 (7) 上, 备有连接到可变电阻性负载上的电流收集插座。

这个堆通过安装在端板 (10) 之一上的合适的装配件连接到气态反应剂供应源和一个外部回路上, 在那里除去矿物质的水通过利用热交换器以进行温度控制而达到所需的温度并进行循环。通过这些连接, 该堆在负极 (阳极) 处送入含有 70% 氢的混合物, 而在正极 (阴极) 则送入空气, 这是利用上导管 (8) 进行的, 这个导管是由按压滤器配置的并置上部孔 (12) 和在双极平板 (7) 中相应的小孔而得到的。同一个导管 (8) 从相应的回路中馈送以去掉矿物质的水流, 其流量是根据系统的动态响应按需要而调节的。除了由注入到导管 (8) 中的水的蒸发所提供的冷却外, 该堆并没有配备辅助冷却。

该堆在电流密度 $300\text{mA}/\text{cm}^2$ 的情况下工作了 12 小时, 电池温度调节在 70°C , 并监测单个电池的电压。水的流量是人工调节的以使单个电池的电压为最大。在人工调节结束时, 在两个堆上都检测到每个电池的电压是在 715 到 745mV 之间。在 30 个电池的堆中, 具有最低电压值的电池在统计上都分布在远离连接到反应剂和水流入口处的端板的地方 (尾部电池); 在第一小时的运行后, 单个电池的电压趋于保持大致稳定。

然后对加在端板 (10) 上的电阻负载加以变化, 以便从两个堆中取出 $600\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度; 15 个电池的堆保持了稳定的运行条件, 其单个电池的电压为 600 到 670mV 之间, 最低值在统计上是分布在尾部电池之间; 30 个电池的堆则在约 1 小时之后关闭, 因为出现在尾部电池的电

压持续下降，最可能是局部过热的后果。

同样的测试在用一个超声气溶发生器以雾化水的情况下被重复，这是在将同样的水注入上部导管（8）之前进行的。在所有情况下，没有观察到性能上的变化。

比较例 1

按照图 2 的方案，制成了根据现有技术教导的 15 个燃料电池的堆。

该堆装有下列部件：

- Nafion®115 离子交换膜，由 Dupont de Nemours 形成商品
- E-Tek 公司商品化的 ELAT®电极（3'），由催化剂层（4'）激活，催化剂层是由支持在活性碳上的铂微粒构成，其有效面积为 200cm^2 。
- 平面的密封垫片（6'），具有与电极（3'）相同的厚度
- 由带肋的石墨片制成的双极平板（7'），其厚度为 5mm。
- 铜的端板（10'），电连接到外端电池的双极平板（7'）上，具有连接到可变电阻负载上的电流收集插座。

和前面的例子相似，这个堆通过在端板（10'）之一上提供的合适的装配件连接到气态反应剂的供应回路和一外部回路上，在那里去除矿物质的水由利用热交换器以进行温度控制而达到所需的温度，并进行循环。通过这些连接，该堆在负极（阳极）处送入含有 70% 氢的混合物，而在正极（阳极）处送入含有 70% 氢的混合物，而在正极（阴极）送入空气，这是利用上导管（8'）进行的；从相应的回路到同一导管（8'）送入去除矿物质的水流。除了由注入到导管（8'）中的水蒸发所提供的冷却以外，该堆并设有装备辅助冷却。尽管尝试了所有和前面例子所说明的同样方式的各种水流调节，仍然不可能达到 $300\text{mA}/\text{cm}^2$ 的电流密度，因为某些随机分布的电池的电压由于过热而趋于随时间而降低。通过降低电流密度有可能获得在 $70\text{mA}/\text{cm}^2$ 的稳定运行，在这样的电流值下，每一单个的电池电压分布在包括 800 和 550mV 之间的范围内；当用前面的例子中超声气溶发生器使水雾化时，有可能将电流密度增加到最高 $100\text{mA}/\text{cm}^2$ ，但不可能进一步增加电流输出。这些测试的结果表示在堆的各个电池之间的注水缺乏均匀性，而且在每个电池内部，在带肋的结

构内部水的不规则分布，使水在上游雾化能稍微减轻这一问题，但仍达不到由前面那个例子的网状元件所产生的在整个电池体积内该细分碎裂 (the fine fragmentation) 所达到的效率。

例 2

例 1 的两个堆通过下部导管 (9) 被送入气态的反应剂和水，并使用上部导管 (8) 供排放用。在这些条件下，有可能让 30 个电池的堆也工作在 $600\text{mA}/\text{cm}^2$ ，尽管 5 个尾部电池的电压保持在 600mV 以下。在同样的电流密度下，15 个电池的堆的电压分布在包括 650 和 670mV 之间的范围内；虽然最大值相对于前面的测试的最大值是接近的，在那个测试中注入是通过上部导管进行的，但所得的电池电压值的分布要均匀得多。其解释在于这样的事实，当多个电池通过位于更高水平的导管并行地送入时，就有可能部分的水聚集在导管本身的底部，随后下落而通过更靠近水的注入点的电池组的入口处。在由下部注水的情况下，水并不下落到电池上，而是相反地被输入的气体所抽吸从而在每一个电池内部提供更均匀的流动。

例 3

例 1 和 2 的测试在送入纯氢作为燃料的情况下被重复，同时关闭在阳极侧的出口导管并只对空气入口导管注入水份。在两种情况下都观察到堆的性能和前面的情况基本上相同，检测到的电池电压的少量增加是因为燃料的体积克分子数 (molar fraction) 的增加。此外，还观察到，在阳极处的纯燃料被完全消耗的情况下 (空端运行)，只要湿润氧化剂流就已足够。在这种情况下，用超声气溶发生器在上游雾化水份并不产生任何正面效果。

例 4

前面各例子中的 30 个电池的堆相对于它的主轴转动了 35° ，使得每个送入空气的垫片 (6) 下面的孔 (13) 相对于它的初始位置而言是放在较下的水平上，因此在空气侧的整个下面的导管 (9) 相对于它的初始位置是处在一个较低的水平上。然后该堆从相应的下部导管 (9) 送入空气，而水则和前面各例一样在那里被注入。从相应的下部导管 (9) 送入纯氢

达到总消耗，且没有任何湿润，并按照空端方式运行而关闭相关的上部导管（8）。

例 5

根据图 1 的方案，按照已有技术的教导制造了 45 个燃料电池的堆，它装备下列各部件：

- 离子交换膜（2），由美国的 Gore 形成商品，其商标为 Gore Select®
- 由美国 E-Tek 公司商品化的电极（3），其商标为 ELAT®，由催化剂层（4）激活，该催化剂层由支持在活性碳上的铂微粒制成，其有效面积为 900cm^2

网状元件（5），它按下法制成：将如图 7A 所示的整平扩展的片叠加在双极平板（7）上，它的偏菱形网的侧边长度为 3mm，以及将平面细网加在由极（3）上，如图 7B 所示，它具有方形的网孔，其边长为 1mm；扩展的片和平面网孔都是由 AISI 316L 不锈钢制成的。

- 按照如图 4 所示方案的密封垫片（6）
- 由 2mm 厚的不锈钢片制成的双极平板（7）
- 由铝制成的端板，它在堆的每一端都和双极平板（7）电气连接，并备有连接到可变电阻负载上的电流收集插座。

这个堆通过在端板（10）之一上提供的合适的装配件连接到气态反应剂的供应回路和外部回路上，在该回路中有去除矿物质并用热交换器把温度控制在所需要值的水在循环。通过这些连接，在堆的负极（阳极）处送入纯氢而在正极（阴极）送入空气，这要利用通过并置按压滤器配置的下部孔（13）和在双极平板（7）中相应的孔而得到的下部导管（9）。去矿物质的水流从相关的回路提供给注水通道（15），其流速按照系统的动态响应并根据需要来调节。除了由注水通道（15）送入的水因蒸发而造成的冷却外该堆设有装备辅助冷却。

该堆在电流密度为 $700\text{mA}/\text{cm}^2$ 下运行 12 个小时，电池温度调节在 75°C 并监测单个电池的电压。水的流量是人工调节的以使单个电池的电压达到最大值。在这种人工调节的末尾，堆中所有的电池都显示出包括在 680 到 700mV 之间的电压，它们随时间保持稳定。这个测试可以证明，与在

前面各例子中所用的垫片类型相比较，由于垫片确定了在入口导管中气与水的混合，使用图 4 所示的垫片是更加有利的，在其中这两种流体的混合发生在较小的通道中，这位于入口导管的下游。

在这一情况中还证明注入到提供给通道 (15) 的空气流中的水的雾化并不提供任何有益的效果。

例 6

组装了一个 45 个燃料电池的堆，它和前面例子中的堆相似，唯一例外是所用垫片，它对应于图 5 的垫片。这种类型的设计为气流和水流提供了分开但相互间沿平行方向的馈送，它们是在引入到网状元件 (5) 之后混合的，从而保证水在单个电池内有更加均匀的分布。这个堆工作在与例 5 相同的条件下，其电流密度为 $700\text{mA}/\text{cm}^2$ ，所显示的电池电压值包括在 700 和 715mV 之间。

例 7

组装了一个 45 个燃料电池的堆，与前例子中的堆相似，唯一例外是垫片，其对应于图 6 的那种，另外就是网状元件 (5)，它是与例 1 相似由海绵状镍制成的。堆是这样连接的，使反应剂从上部导管 (8) 送入而从下部导管 (9) 把它们排出。在这种垫片设计下，注入的气体和水流，除了在导入到网状元件 (5) 之前一直是分开的之外，它们是以相互垂直的方向混合的。在这种情况下，为了保证网状元件的上面区域有足够的湿润，水流被分裂以便让大部分进入通道 (15)，而较小部分进入上部导管 (8) 中去送给电池。注入通道 (15) 的那部分水流被设定在 90% 左右，并且在任何情况下不低于 80%。这个堆在与例 5 和 6 相同的工作条件下运行在 $700\text{mA}/\text{cm}^2$ ，所显示的电池电压值包括在 710 和 730mV 之间。

例 8

组装了一个 45 个燃料电池的堆，它与例 6 的堆相似，唯一例外是网状元件 (5)，它如图 9 所示是用海绵状镍制成的。在这种情况下，利用海绵状金属的可变形性质来产生两个小的通道或下陷 (16) 以便优选地使水流的分布相对于气流是基本上平行的，上述的通道具有盘旋形式，它穿过海绵金属的整个表面。为了形成下陷 (16)，只要在海绵金属中冷

压进一根具有所需厚度的金属丝就可以了。在这种情况下，通过冷压压进一根 3mm 宽的钢丝就可以得到同样宽度的盘旋形的下陷。很明显，可以形成单独一个盘旋形（16），以便从单独一个通道（6）送入，或者也可以有多于两个盘旋形。这个堆在与例 5、6 和 7 相同的工作条件下运行在 $700\text{mA}/\text{cm}^2$ ，所显示的电池电压值包括在 715 到 730mV 之间。

例 9

组装了一个 45 个燃料电池的堆，它与例 7 的堆相似，唯一的例外是垫片（6）和网状元件（5），前者相当于图 6 的垫片，后者是如图 10 所表示的由海绵状镍制成。在这一情况下，同样利用海绵状金属的永久可变形性质来产生两个小通道用来优选地散布水，不过，在这种情况下选择了偏移的双梳形几何形状以便产生一系列平行的沟道，它们基本上与该气流方向成垂直的方向送入水流。这增大了在网状元件（5）内部的总体压力降，并强迫气态反应剂沿着更加曲折的途径行进，把反应剂散布在电池的整个有效表面上并避免滞止或耗尽的区域。这个堆在与例 5、6 和 7 相同的工作条件下运行在 $700\text{mA}/\text{cm}^2$ ，所显示的电池电压值包括在 730 和 740mV 之间。

虽然本发明已参照特定的实施例作了说明，但后者并不想要限制本发明，它的范围是在下面所附的如权利要求中限定的。

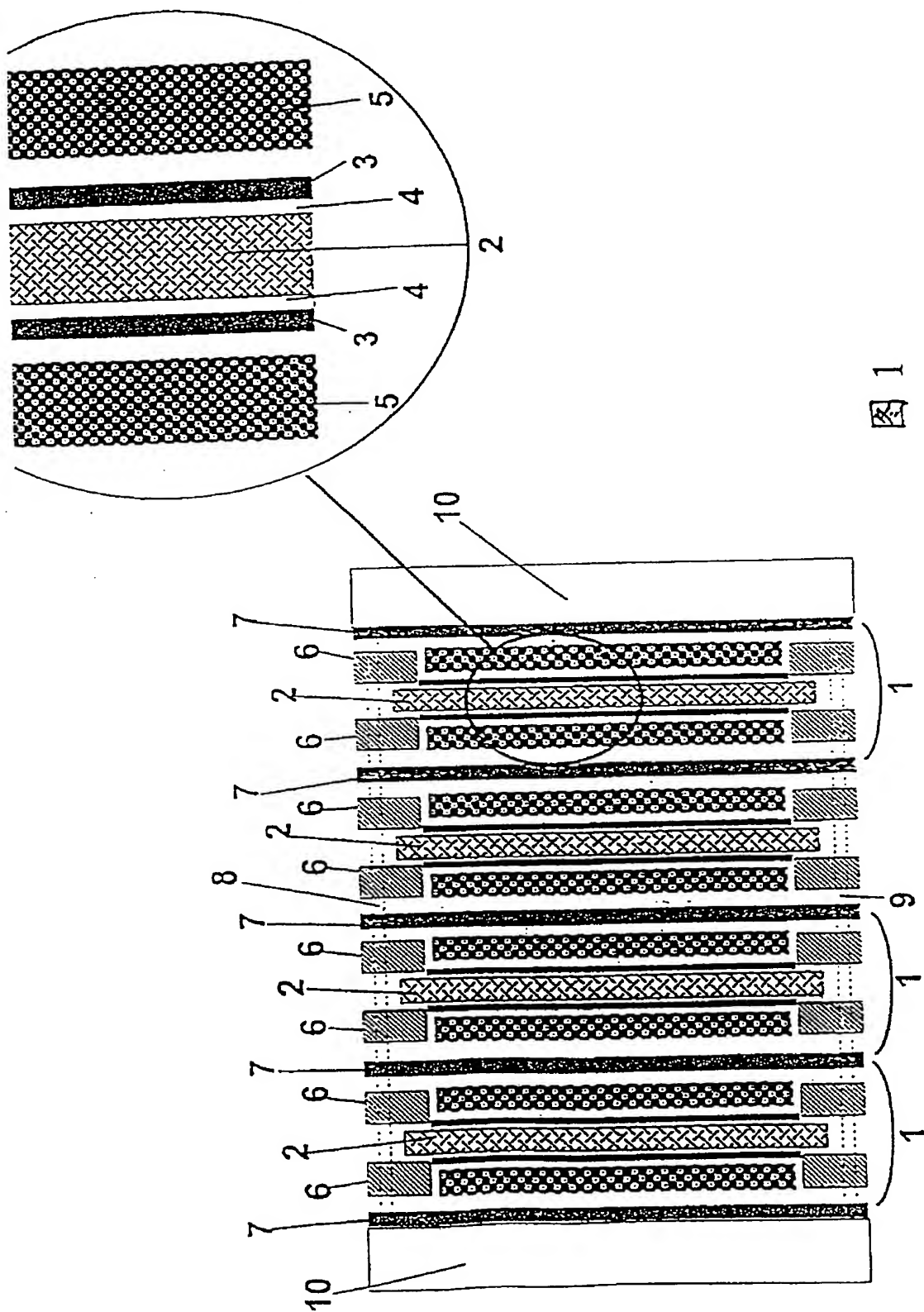


图 1

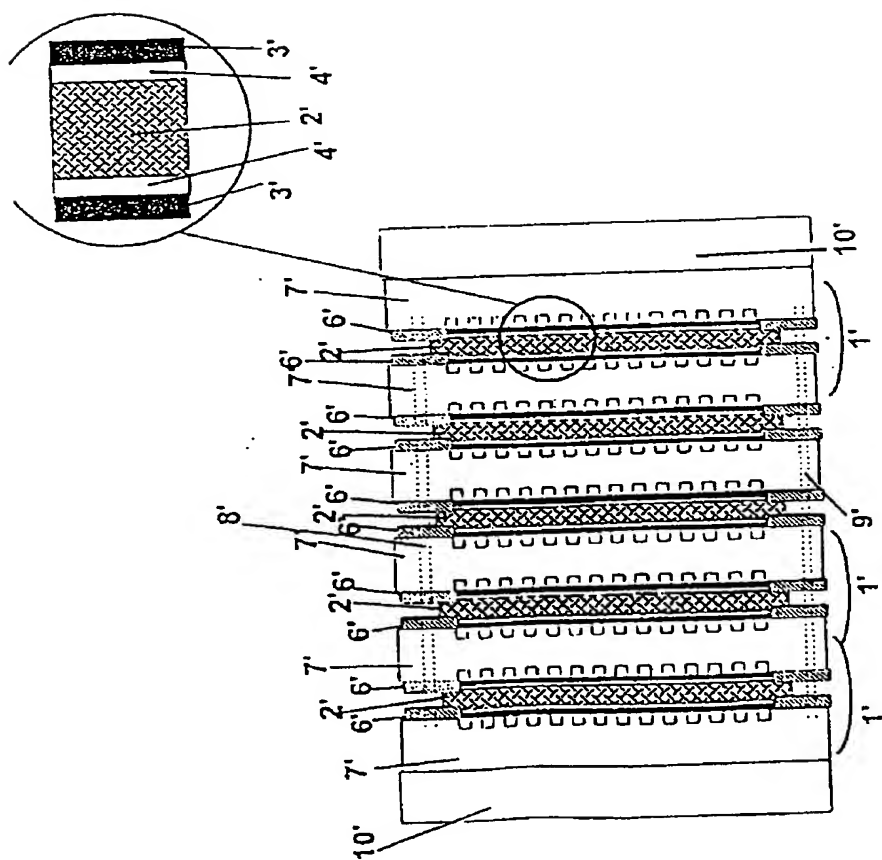


图 2A

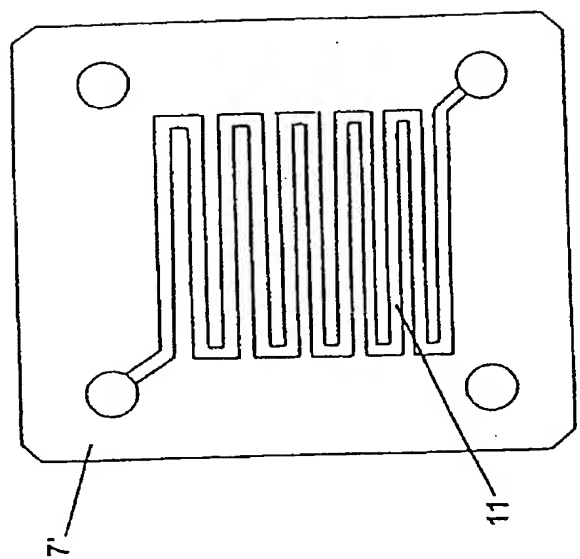


图 2B

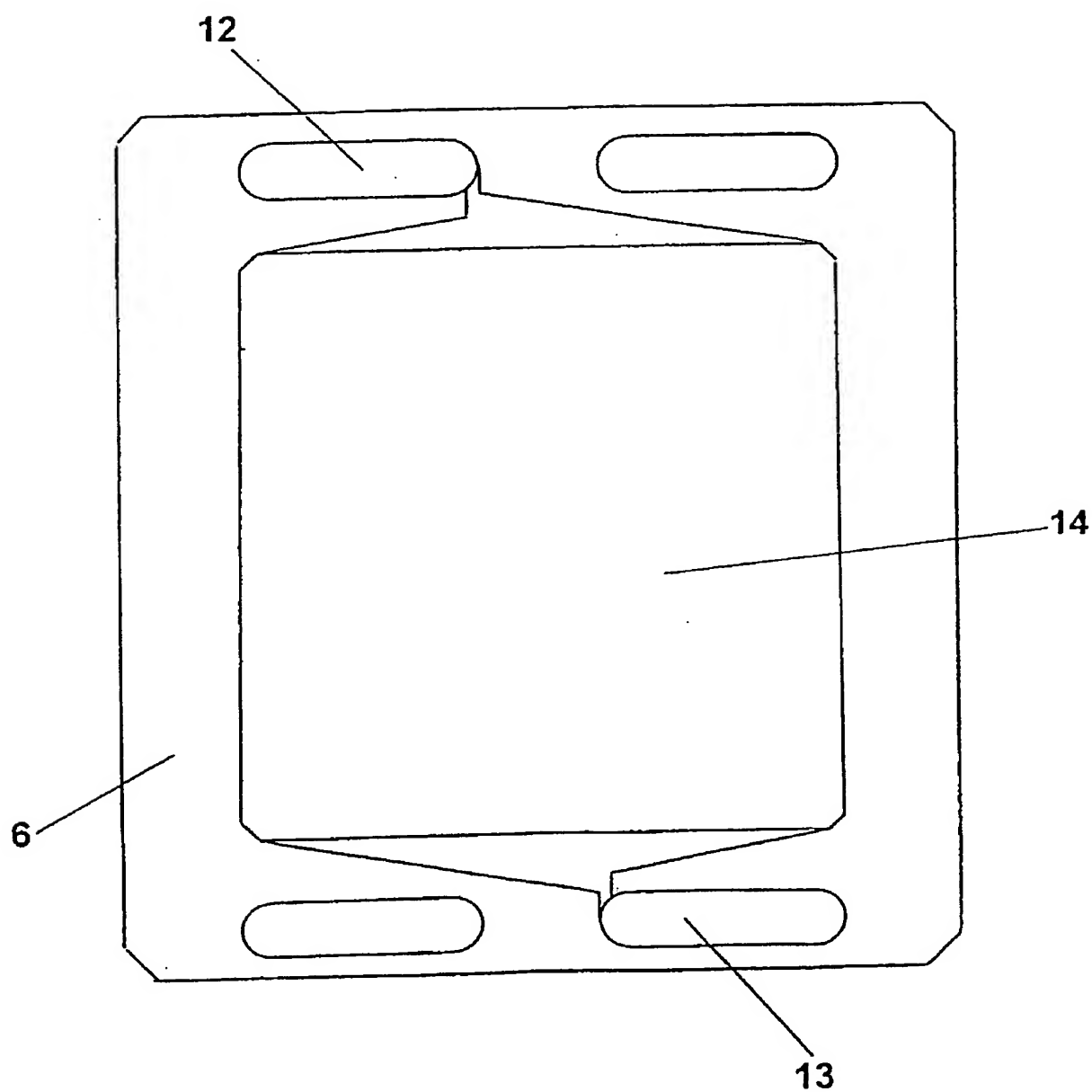


图 3

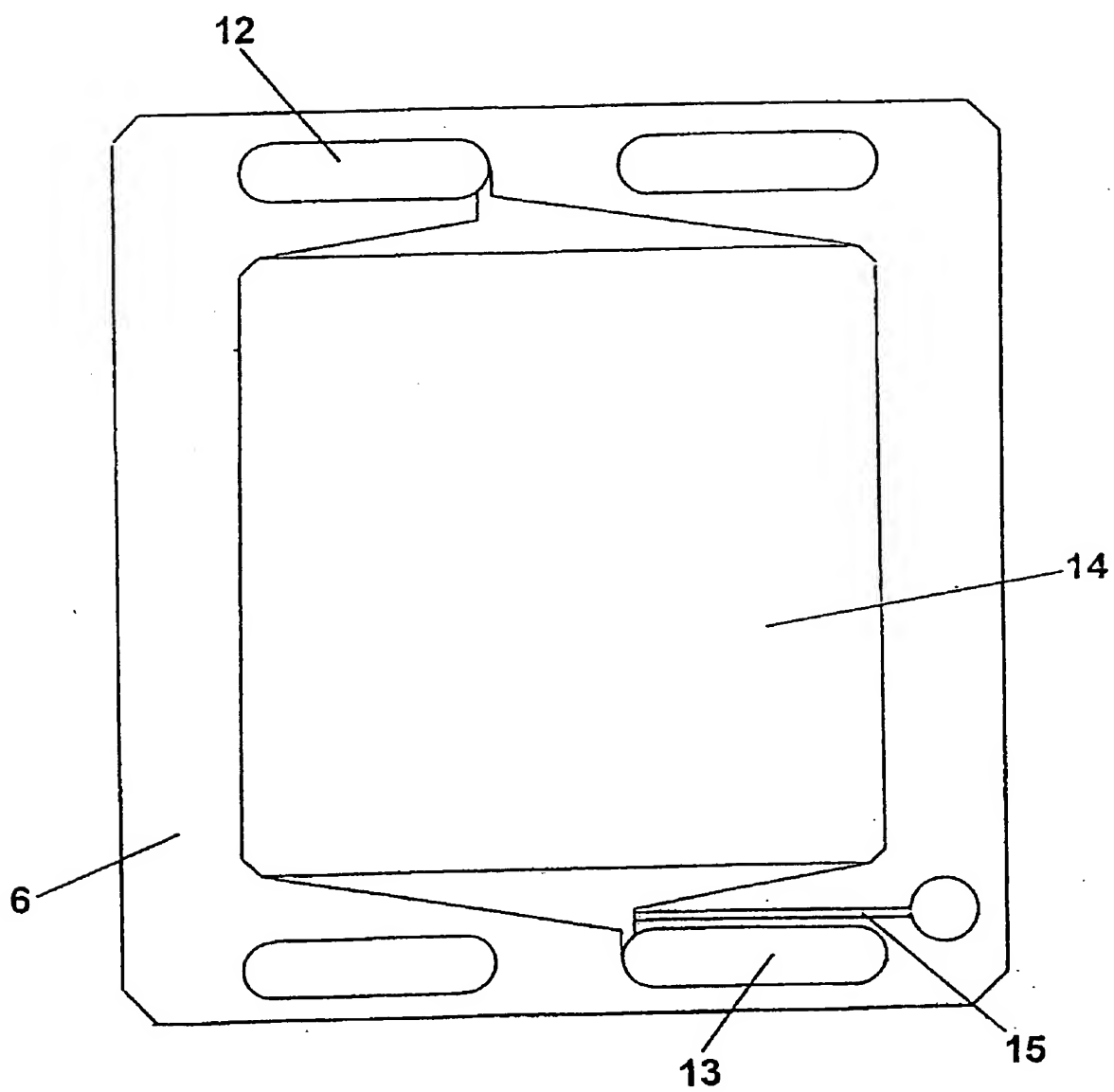


图 4

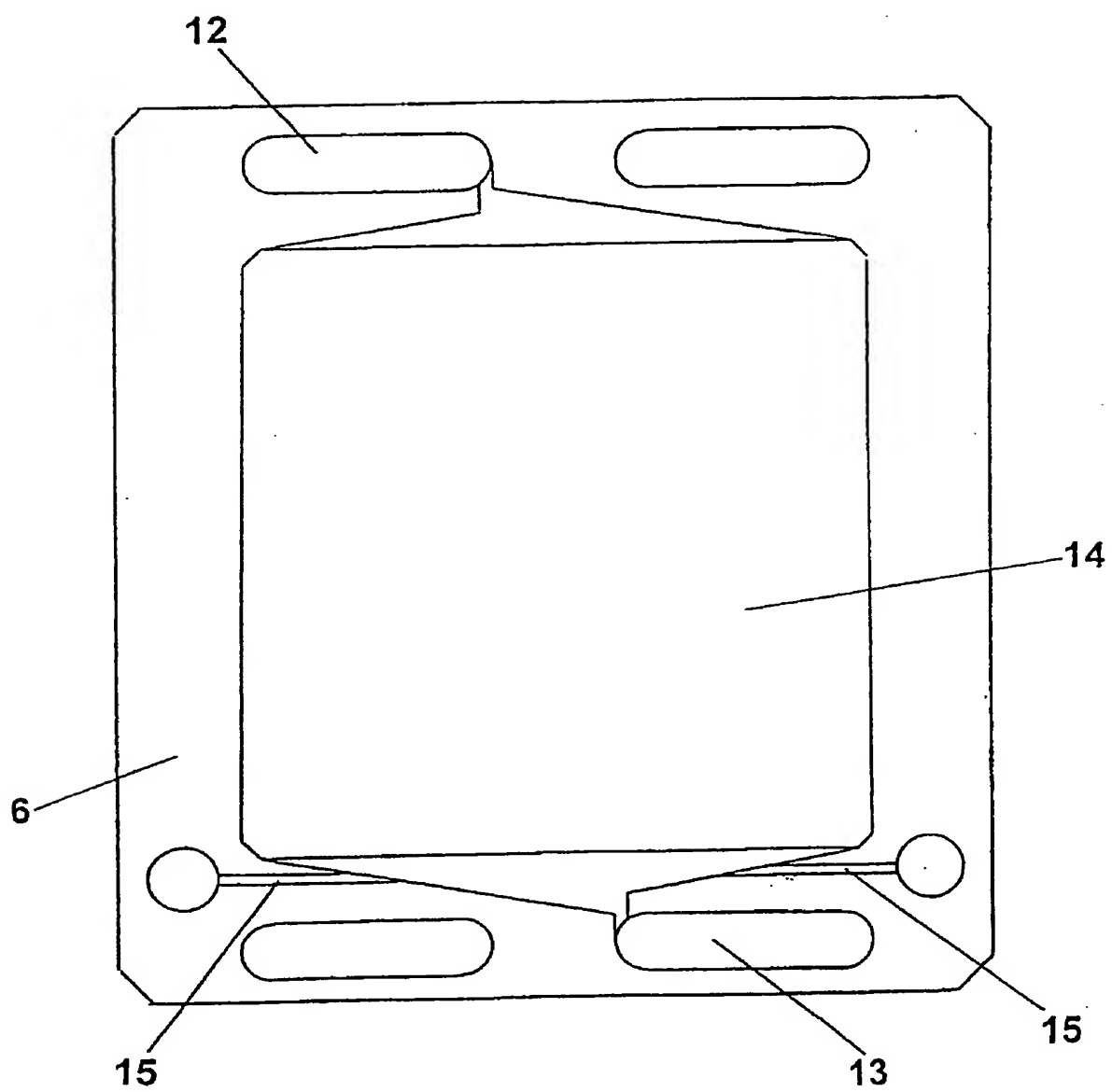


图 5

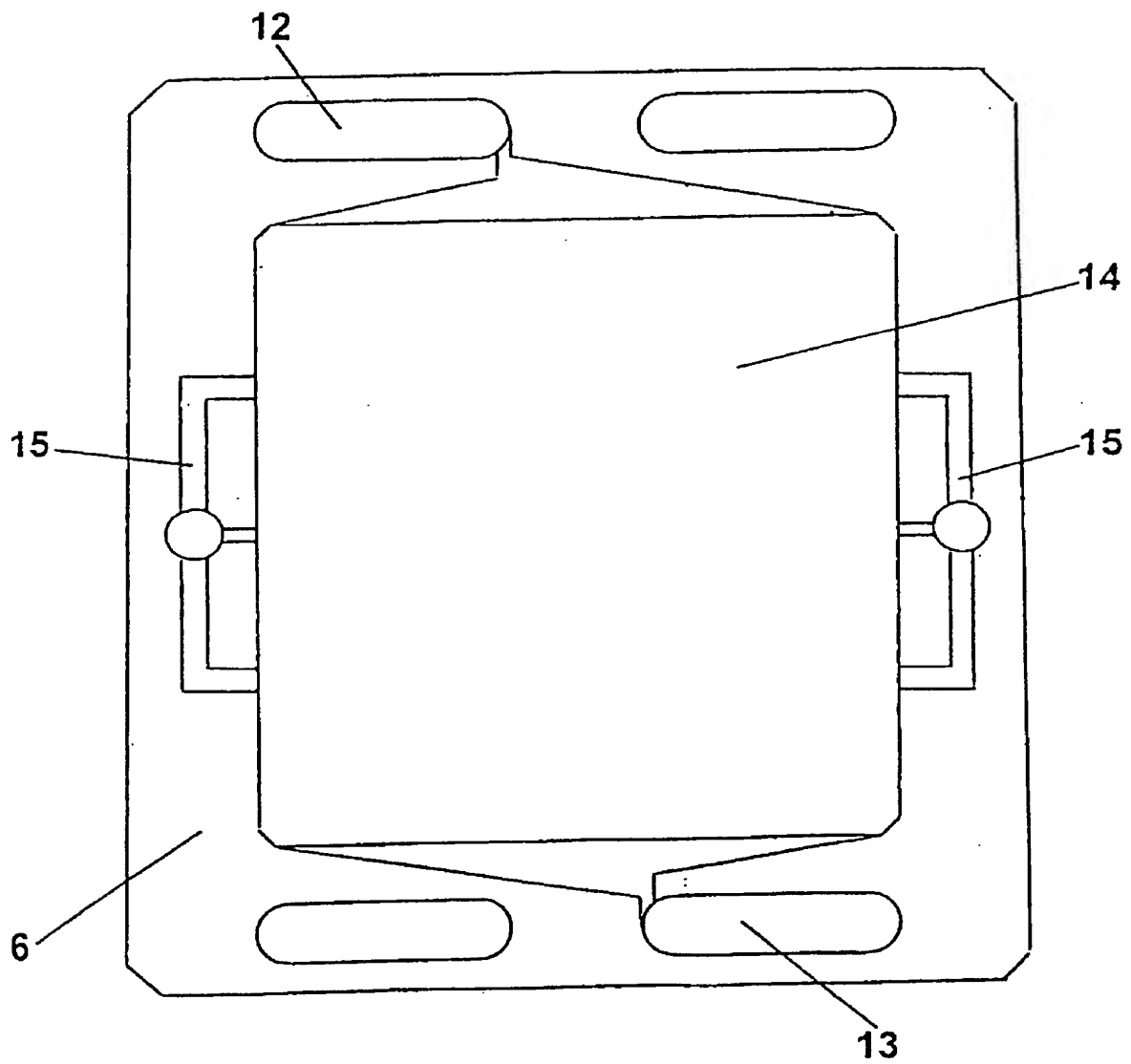


图 6

图 7A

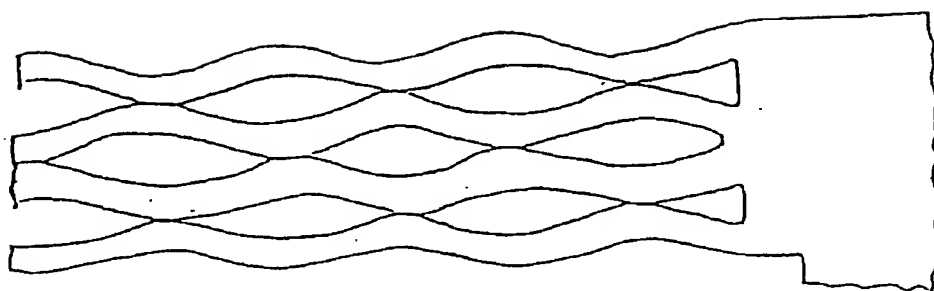
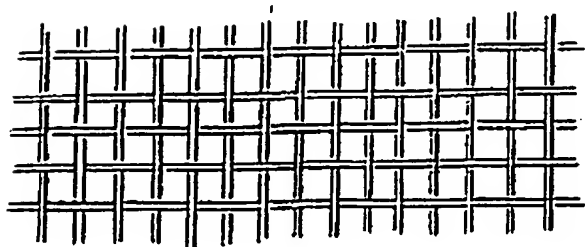


图 7B



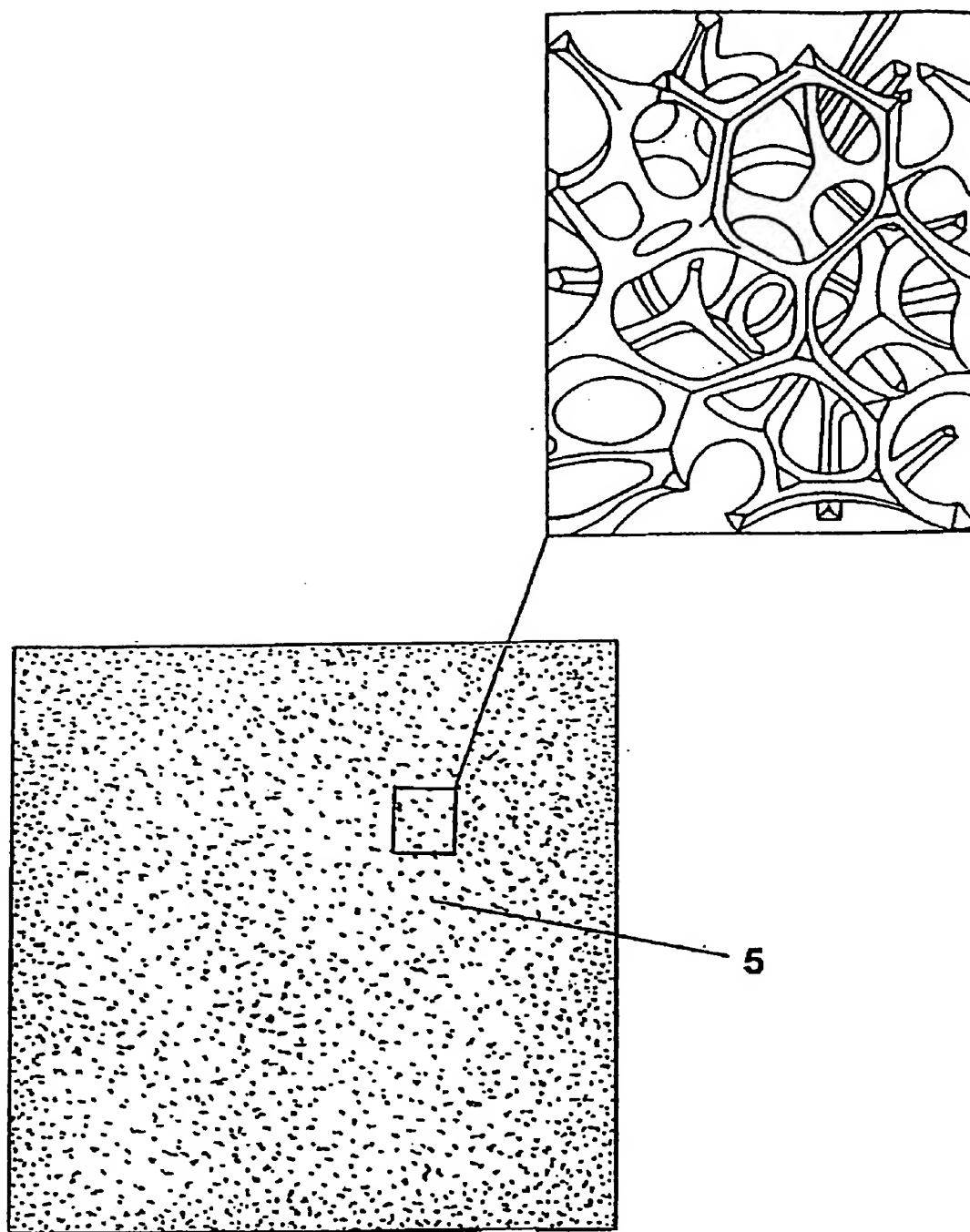


图 8

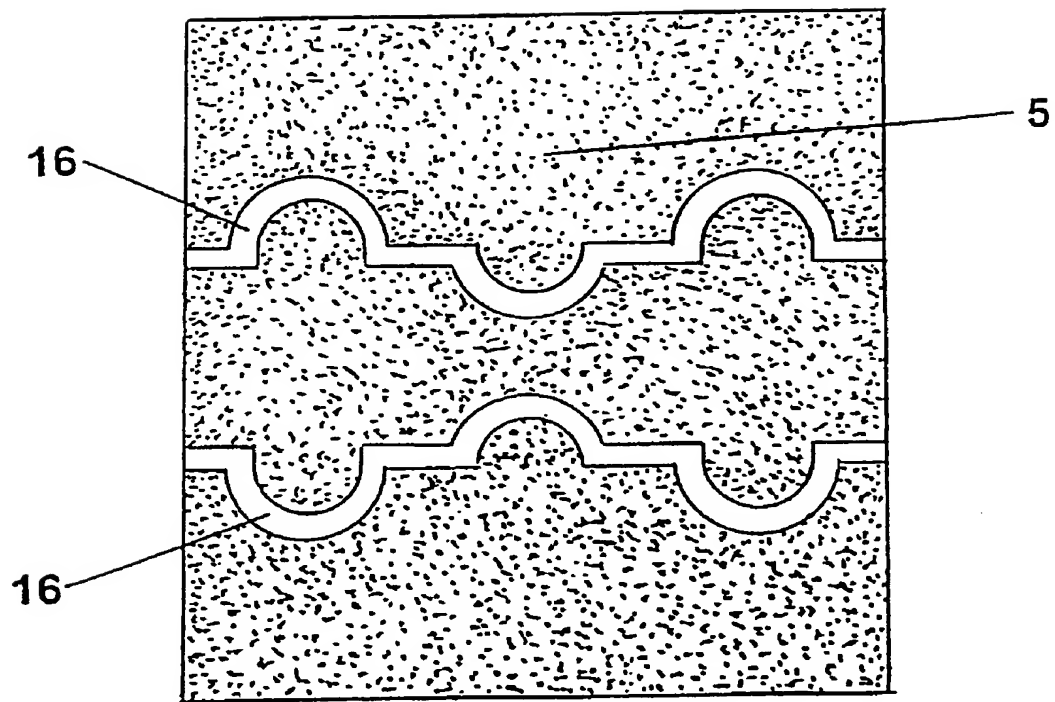


图 9

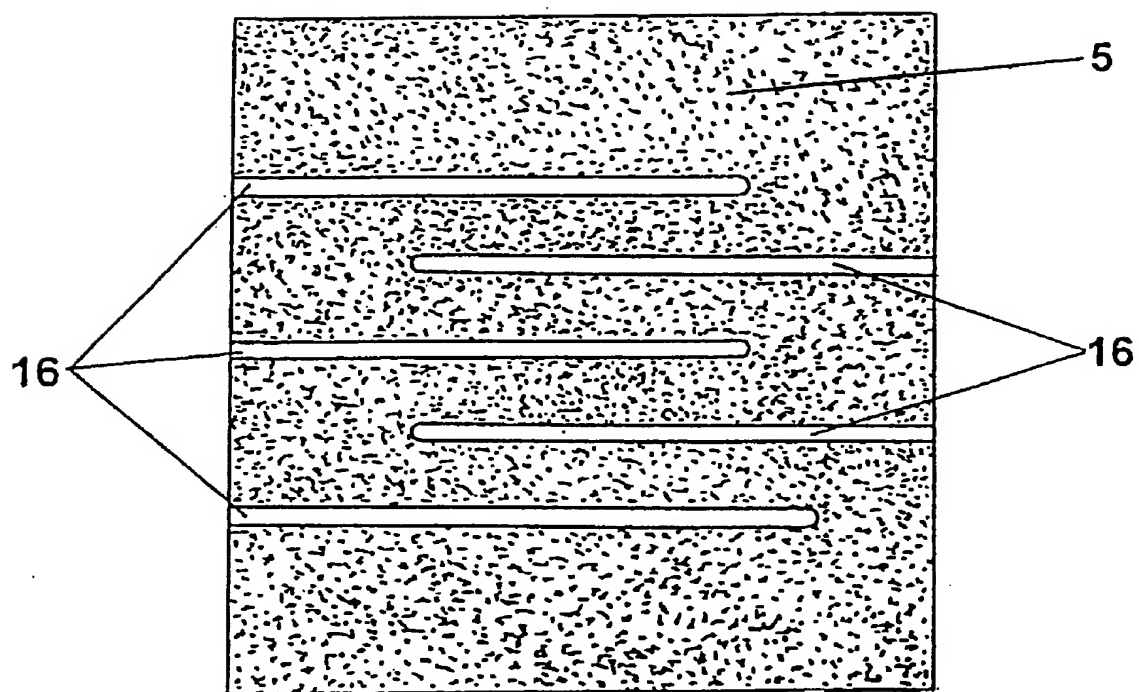


图 10